

Titel: NEUTRALDATEN-COMPUTERSTEUERUNGSSYSTEM FÜR EINE WERKZEUGMASCHINE
ZUR HERSTELLUNG VON WERKSTÜCKEN MIT SCHRAUBENMANTELFLÄCHE
SOWIE EINE ZUGEHÖRIGE WERKZEUGMASCHINE

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine Werkzeugmaschine mit Computersystem, Computerprogramm und Computerprogrammprodukten, sowie einer zugehörigen Werkzeugmaschine.

Bei der Fertigung von Werkzeugmaschinen tritt heutzutage vor dem Hintergrund mehr und mehr vernetzter Fertigungsprozesse und deren Standardisierung in der Industrie das Problem in den Vordergrund, auch die zur Ansteuerung der Werkzeugmaschinen notwendigen Computersysteme mit in diesen Prozeß mit einzubeziehen. Hierbei ist es ein Ziel, soweit technisch möglich, einheitliche Maschinensteuerungssysteme vorzusehen, die dem Anwender - etwa beim Wechsel eines konkreten Maschinentyps oder auch zur verbesserten Datenhaltung und Archivierung - eine möglichst hohe Einheitlichkeit der Maschinensteuerparameter für die Produkte aus seinem Werkstückprogramm bietet.

Derartige Ansätze werden für verschiedene Werkzeugmaschinentypen schon seit einiger Zeit verfolgt, so auch für Kegelradverzahnungsmaschinen, denen hier die Aufmerksamkeit gilt.

Für Kegelradverzahnungsmaschinen existieren hier etwa Lösungen, bei denen die dortigen Maschinensteuerparameter einer ganzen Maschinenfamilie in einem einheitlichen Datenmodell mit allen in der Maschinenfamilie infrage kommenden anzusteuernenden Achsen zu-

sammengefaßt werden, welches dann im Einzelfall auf die jeweilige reale Maschine - sofern dies möglich ist, also die mit den Maschinensteuerparametern angesteuerten Achsen auch tatsächlich vorhanden sind - abgebildet wird.

Für Verzahnungsmaschinen zum Formfräsen oder -schleifen von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche, also insbesondere Stirnräder, Schnecken und Rotoren existiert - obwohl selbstverständlich aus den o.a. Gründen auch hier wünschenswert - ein solches System hingegen noch nicht.

Der Grund hierfür liegt in einer besonderen technischen Schwierigkeit, die beim Formschleifen dieser Werkstücke zu bewältigen ist: Mehrachsige Positioniersysteme, wie sie auch Werkzeugmaschinen benötigen, bedürfen der Synchronisation der einzelnen Bewegungen untereinander, so daß eine definierte Kurve im dreidimensionalen Raum durchfahren wird. Dies wird dadurch erreicht, daß eine der Achsen nicht nur ihrer eigenen Positionierung, sondern als Leit- oder Führungssachse auch der Synchronisierung der anderen zu positionierenden Achsen dient.

Ein solches Verfahren nach dem Stand der Technik findet sich etwa in der EP 0 784 525, die ein Verfahren zum Herstellen von Zahnflankenmodifikationen bei Kegelrädern betrifft. Die dortigen Achsen werden vorzugsweise mittels einer Polynomfunktion der Form

$$f(\Theta) = a_0 + \frac{a_1}{1!} \cdot \Delta\Theta + \frac{a_2}{2!} \cdot \Delta\Theta^2 + \frac{a_3}{3!} \cdot \Delta\Theta^3 + \frac{a_4}{4!} \cdot \Delta\Theta^4$$

angesteuert, wobei $f(\theta)$ die Positionierfunktion für die jeweilige anzusteuern Achse in Abhängigkeit von der Bewegung der Leitachse θ ist. Die Koeffizienten a_0 , a_1 , a_2 , a_3 und a_4 dienen dabei als weitere Parameter der Positionskontrolle der durch die Funktion $f(\theta)$ angesteuerten jeweiligen Achse.

Als Leitachse dient dabei nach dem Stand der Technik immer eine der ansteuerbaren mechanischen Achsen der Werkzeugmaschine. Bei Kegelradverzahnungsmaschinen, die nach dem Wälzverfahren arbeiten und daher, wie auch im Falle der EP 0 784 525, eine Wiege aufweisen, wird üblicherweise diese immer notwendige Wiege als Leitachse, mithin also

ihre Wälzbewegung als Führungsbewegung zur Synchronisation der anderen Achsbewegungen verwendet. Auf diese Weise existiert - auch unabhängig von der weiteren konkreten Ausgestaltung des jeweiligen Maschinentyps - immer eine Maschinenachse, die wälzprozeßbedingt einheitlich als Leitachse verwendet werden kann.

Für Formschleifmaschinen hingegen, die keine Wiege oder vergleichbare Achse aufweisen, stellt sich für den Fall eines Vereinheitlichungsversuches der Maschinensteuerparameter für unterschiedliche Maschinentypen sogleich das Problem der geeigneten Wahl einer solchen einheitlichen Leitachse oder aber die Frage nach dem etwaigen Verzicht hierauf.

Grundsätzlich ist es hiebei natürlich möglich, auf eine solche einheitliche Leitachse zu verzichten und stattdessen die jeweilig im Einzelfall als Leitachse verwendete Achse in den Maschinensteuerparametern anzugeben. Eine solche Möglichkeit zu schaffen, kann bereits zu einer gewissen Vereinheitlichung der Maschinensteuerparameter führen. Gleichwohl ist dies unbefriedigend, da sich dann im Falle eines Maschinentypwechsels auf eine Maschine, die die ausgewählte Leitachse nicht aufweist, nicht nur das Problem stellt, neue Maschinensteuerparameter für die Leitachse zu erstellen, sondern es zudem aufgrund der o.a. dargestellten Abhängigkeiten der anderen Achsen von der Leitachse auch immer sogleich erforderlich wird, auch für alle anderen von der Leitachse abhängigen Achsen neue Maschinensteuerparameter zu generieren. Ist hingegen eine andere als die Leitachse nicht vorhanden, so kann versucht werden, deren Positionierungsergebnis am Werkstück dadurch zu erreichen, daß andere nun auf dem neuen Maschinentyp stattdessen vorhandene weitere Achsen durch Maschinensteuerparameter entsprechend angesteuert werden, wobei die übrigen Achsen mit ihren jeweiligen Maschinensteuerparametern unberührt bleiben.

So kann dann etwa eine nicht vorhandene positionierbare Schwenkachse zur Verschwenkung von Werkstück und Werkzeug gegeneinander mittels einer Drehung der Werkzeugachse in der Vertikalen durch eine Schwenkachse zur Verschwenkung von Werkstück und Werkzeug gegeneinander mittels einer Drehung der Werkstückachse in der Horizontalen ersetzt werden, ohne daß die Maschinensteuerparameter etwa einer Radialzustellungsachse

oder einer positionierbaren Drehachse eines Spannkopfes zur Drehung des Werkstücks in der Werkstückhalterung betroffen wären.

Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß eine für das gesamte Steuerungskonzept aller infrage kommenden Maschinentypen einheitliche Leitachse angegeben werden kann. Dies scheitert im Falle von Formschleifmaschinen, wie bereits o.a. schon daran, daß hier - im Gegensatz zu Maschinen, die nach einem Wälzverfahren arbeiten - keine grundsätzlich immer notwendige Wälzbewegung existiert, die immer als Leitbewegung zu dienen vermag.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Computersteuerungssystem für eine Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche anzugeben, daß eine Verwendung der jeweiligen Maschinensteuerparameter für unterschiedliche Maschinentypen mit unterschiedlichen ansteuerbaren Achsen so erlaubt, daß bei einem Wechsel der anzusteuernenden Maschine - im Rahmen des geometrisch Möglichen - möglichst wenige Maschinensteuerparameter zur Ansteuerung der Achsen neu gebildet werden müssen.

Dies wird durch eine mehrachsige Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche erreicht, welche eine Werkstückhalterung zur Aufnahme eines Werkstücks, ein Werkzeug, ansteuerbare mechanische Achsen zur Bearbeitung des Werkstücks oder zur Positionierung von Werkstück und Werkzeug in Relation zueinander, sowie eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung zur Ansteuerung von Achsen aufweist und die erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet ist, daß mindestens eine virtuelle Achse vorgesehen ist, die als Leitachse für andere Achsen parametrierbar ist und dann nur der Synchronisation dieser anderen Achsen dient.

Auf diese Weise wird eine zusätzliche virtuelle Achse geschaffen, die selbst keine mechanische Achse der Werkzeugmaschine ansteuert, gleichwohl aber andere Achsen zu synchronisieren vermag. Dies kann etwa durch ein nur von der Zeit abhängiges Polynom, wie folgt geschehen

$$L_{virt}(t) = a_{virt,0} + a_{virt,1} \cdot t + a_{virt,2} \cdot t^2 + a_{virt,3} \cdot t^3$$

und zwar ohne, daß der so ermittelte Wert $L_{virt}(t)$ zur unmittelbaren Ansteuerung einer mechanischen Achse der Werkzeugmaschine verwendet würde. Vielmehr geht dieser etwa wie folgt

$$\begin{aligned} Achspos_1(L_{virt}(t)) &= a_{1,0} + a_{1,1} \cdot L_{virt}(t) + a_{1,2} \cdot L_{virt}(t)^2 + a_{1,3} \cdot L_{virt}(t)^3 \\ Achspos_2(L_{virt}(t)) &= a_{2,0} + a_{2,1} \cdot L_{virt}(t) + a_{2,2} \cdot L_{virt}(t)^2 + a_{2,3} \cdot L_{virt}(t)^3 \\ Achspos_3(L_{virt}(t)) &= a_{3,0} + a_{3,1} \cdot L_{virt}(t) + a_{3,2} \cdot L_{virt}(t)^2 + a_{3,3} \cdot L_{virt}(t)^3 \end{aligned}$$

synchronisierend in die Bildung der tatsächlich zur Ansteuerung der mechanischen Achsen verwendeten Positionswerte $Achspos_i$ (hier 3 Achsen, also $i=1$ bis 3) ein.

Durch das Vorsehen einer solchen virtuellen Achse kann somit die Bildung der Achspositionen für die Ansteuerung der mechanischen Achsen völlig unabhängig von jedweder tatsächlichen Bewegung jeder Achse der Werkzeugmaschine gehalten werden, wodurch es daher möglich wird, bei einem Wechsel der anzusteuernenden Maschine - im Rahmen des geometrisch Möglichen - nur die Maschinensteuerparameter neu zu bilden, die der Ansteuerung von Achsen dienen, die bei der neuen Maschine zusätzlich vorhanden sind. Hingegen können die Maschinensteuerparameter für Achsen, die vor und nach dem Wechsel der Maschine anzutreffen sind, beibehalten werden. Im Falle der o.a. Polynome heißt dies etwa, daß die die Bahnkurve definierenden Koeffizienten a_{ij} für diese Achsen nicht neu gebildet werden müssen.

Zum hier verwendeten Begriff der virtuellen Achse sei im Hinblick auf die Verwendung dieses Begriffes im Stand der Technik angemerkt, daß hier in soweit eine einheitliche Begriffsbildung vorliegt, als daß es sich hierbei um eine nur in der jeweiligen verwendeten Steuer- und/oder Regeleinrichtung gebildete Achse handelt, die kein unmittelbares Pendant in den tatsächlich vorhandenen mechanischen Achsen der jeweiligen Werkzeugmaschine haben. Unterschiede zum Stand der Technik etwa nach der DE 42 91 619 C1 bestehen hier jedoch dahingehend, daß die dortige virtuelle Achse (mitunter dort auch Softachse genannt) der direkten Ansteuerung tatsächlicher mechanischer Achsen dient, aus denen die dortige virtuelle Achse gewissermaßen softwaremäßig kombiniert wird. Demgegenüber dient die virtuelle Achse im Sinne der hier vorliegenden Erfindung keiner eigenen Ansteuerung me-

chanischer Achsen, insbesondere keiner Software-Synthese zusätzlicher, in der mechanischen Realität der anzusteuernenden Werkzeugmaschine keine Entsprechung findenden Achsen, sondern nur der Synchronisierung der Ansteuerung anderer Achsen.

Demgemäß wird der erfindungsgemäße Erfolg auch durch ein Verfahren zur Ansteuerung einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine erreicht, wobei zunächst eine virtuelle Achse als Leitachse für andere Achsen parametrisiert wird, und sodann während des Betriebs der Maschine zur Bearbeitung des Werkstücks die anderen Achsen mit Hilfe dieser virtuellen Leitachse bei ihrer Positionierung lediglich synchronisiert werden.

Vorzugsweise weist die erfindungsgemäße mehrachsige Werkzeugmaschine mindestens fünf ansteuerbare mechanische Achsen zur Positionierung von Werkstück und Werkzeug in Relation zueinander auf, was die Fertigung rotationssymmetrischer Werkstücke ermöglicht. Will man auch nicht-rotationssymmetrische Werkstücke, wie etwa Schnecken fertigen, so bedarf es zumindest einer zusätzlichen Achse, die zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander in der Horizontalen vorgesehen ist, wie noch zu sehen sein wird.

Besonders bevorzugterweise ist die mehrachsige Werkzeugmaschine nach der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß als Werkzeug eine Schleifscheibe und als mechanische Achsen mindestens eine

- positionierbare Radialzustellungsachse, auch mit χ bezeichnet, für die Schleifscheibe,
- ein in Relation zur Radialzustellungsachse horizontal orthogonal positionierbarer Schleifschlitten, auch mit ζ bezeichnet, zur Positionierung der Schleifscheibe in Verschieberichtung des Schleifschlittens,
- eine positionierbare Drehachse, auch mit β bezeichnet, eines Spannkopfes zur Drehung des Werkstücks in der Werkstückhalterung,

- eine positionierbare Schwenkachse, auch mit τ bezeichnet, zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der vertikalen Ebene, auch mit B bezeichnet, sowie
- eine Drehachse, auch mit ω bezeichnet, für den Antrieb der Schleifscheibe vorgesehen sind.

Auch kann als mechanische Achse eine positionierbare Verschiebeachse, auch mit δ bezeichnet, zur Kontrolle einer Vorschubposition der Schleifscheibe entlang der Schleifscheibenachse vorgesehen sein.

Bevorzugterweise weist die erfindungsgemäße mehrachsige Werkzeugmaschine auch eine Schwenkachse, auch bezeichnet mit σ , als mechanische Achse zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene, auch bezeichnet mit A, auf, was auch die schon angesprochene Fertigung nicht rotationssymmetrischer Werkstücke erlaubt.

Alternativ oder auch zusätzlich kann dies auch durch eine mechanische Schwenkachse, auch mit γ bezeichnet, zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Werkstückachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene, auch mit A bezeichnet, erreicht werden.

Ferner kann als mechanische Achse auch eine Verschiebeachse, auch bezeichnet mit η , vorgesehen sein, die der vertikalen Verschiebung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander dient.

Die virtuelle Achse selbst wird besonders bevorzugterweise durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation gebildet, die besonders bevorzugterweise von der Zeit und in einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung nur von dieser, abhängig ist. Es ist jedoch genauso möglich, die virtuelle Achse nicht

von der Zeit, sondern von anderen - womöglich auch externen - Ereignissen oder Werten, etwa erreichten Positionen von externen Maschinen, wie Robotern, abhängig zu machen.

Die Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die die virtuelle Achse mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation bildet weist auch einige besondere Vorteile auf:

Beim Schleifen von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche, wie insbesondere Stirnrädern (einer Schraubenfläche die u.U. auch eine Steigung von Null des Gewindeganges, nämlich bei Geradverzahnungen, aufweist), Schnecken oder Rotoren ist es oft so, daß hier eine einzige nicht-virtuelle Leitachse für den gesamten Werkstückfertigungsprozeß oftmals nicht ausreicht, da deren Führungs- oder Leitbewegung in Anbetracht der in der Realität begrenzten numerischen Genauigkeit oftmals zu minimal wird, um in Abhängigkeit hiervon noch Ansteuerungsfunktionen (oder -relationen) mit genügender Bewegung für die anderen Achsen berechnen zu können. Besonders deutlich wird dies etwa für den Fall, wo etwa ein in Relation zu einer Radialzustellungsachse horizontal orthogonal positionierbarer Schleifschlitten zur Positionierung der Schleifscheibe in Verschieberichtung des Schleifschlittens als Leitachse Verwendung findet und dann auf dem Werkstück eine orthogonal zur Werkstückdrehachse verlaufende Kante etwa als Abschluß einer Schraubenmantelfläche zu fräsen ist, wie dies etwa bei Werkstücken vorkommt, die mehrere voneinander, etwa durch runde Achsabschnitte separierte oder zumindest von ihrer Geometrie unterschiedliche Schraubenflächen aufweisen. (In diesem Zusammenhang sei angeführt, daß auch Werkstücke mit solchen teilweisen oder abschnittswisen Schraubenflächen als Werkstücke mit Schraubenmantelfläche i.S. der vorliegenden Erfindung angesehen werden.) Bei dem vorgenannten Fall kommt nämlich die Bewegung des Schleifschlittens an der Stelle der Senkrechten zur Werkstückachse vollständig zum Stehen und kann somit selbst bei unbegrenzter numerischer Auflösung nicht mehr als Führungsbewegung dienen; der Schleifschlitten ist mithin als Leitachse an dieser Stelle unbrauchbar. Es ist daher erforderlich, an derartigen Stellen einen Leitachsenwechsel durchzuführen, was einheitliche Maschinensteuerparameter für unterschiedliche Maschinenmodelle um so mehr erschwert, da dann im Falle eines Maschinentypwechsels die eingangs bereits erwähnten Anpassungsschwierigkeiten auf die neue Maschine u.U. für jede verwendete Leitachse auftreten. Überdies sei bemerkt, daß ein

derartiger Achswechsel an der Stelle des Werkstücks, wo er vollzogen wird, aufgrund der hiermit verbundenen Unstetigkeit der Ansteuerung der Achsen infolge dessen immer auch zu unerwünschten Fertigungsspuren auf dem zu erstellenden Werkstück führt.

Kann nun die virtuelle Achse nach der vorliegenden Erfindung mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation gebildet werden, so kann dies so geschehen, daß diese virtuelle Leitachse über den gesamten Fertigungsprozeß ohne Leitachswechsel taugt, da auf diese Weise jede durch den Fertigungsprozeß bedingte Abhängigkeit der Leitachse aufgrund deren völliger Wahlfreiheit vermieden werden kann. Auf diese Weise eignet sich die vorliegende Erfindung vorteilhafterweise auch für den Fall des Betriebs nur eines einzigen infrage kommenden Maschinentyps, da in diesem Falle bei der Verwendung der wahlfreien erfindungsgemäßen virtuellen Achse keine Leitachswechselprobleme der eingangs geschilderten Art mehr auftreten und somit auch keine infolge dessen auftretenden Fehler mehr an den Werkstücken zutage treten. Wählt man hingegen die virtuelle Leitachse fest, so sind prozeßbedingte Abhängigkeiten womöglich nicht auszuschließen, was dann zu den bereits erwähnten numerisch ungünstig konditionierten Systemen führen kann.

Als frei wählbare Funktion kommt insbesondere, wie ja auch schon im o.a. Beispiel dargelegt, eine Polynomfunktion, aber beispielsweise auch eine Kreisrelation infrage. Auch kann eine frei wählbare Relation ebenso durch eine Wertetabelle definiert werden.

Auch die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung kann mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation erfolgen, wobei die jeweilige mechanische Achse, wie ja auch schon eingangs dargelegt, bevorzugterweise vom Wert einer als Leitachse fungierenden virtuell gebildeten Achse abhängig ist, um so die Synchronisation der Achspositionen untereinander zu erreichen.

Natürlich kann die jeweilige Achse dabei, etwa zur Ansteuerung der gewünschten Positionswerte auch vom Wert weiterer Parameter abhängig gemacht werden. Wie bereits dargelegt kann dabei als frei wählbare Funktion eine Polynomfunktion dienen, die auch vom Wert einer der virtuellen Achsen und Polynomkoeffizienten abhängig ist.

Ebenso eignet sich als frei wählbare Relation für die jeweilige mechanische Achse aber auch eine Kreisrelation, die vom Wert einer der virtuellen Achsen und Kreiskonstanten, vorzugsweise einem Kreisradius und einem durch ein Koordinatenpaar gegebenen Mittelpunkt sowie einer Drehrichtung abhängig ist.

Gleiches gilt für die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse, die durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Relation erfolgt, welche durch eine Tabelle von Koordinaten gegeben ist, ebenso wie für alle anderen, für die Erreichung der angestrebten Werkstückgeometrie geeignet erscheinenden Funktionen und/oder Relationen.

Im Falle der Verwendung einer durch eine Koordinatentabelle gebildeten Relation, wird diese vorzugsweise durch eine X-Koordinate, eine Y-Koordinate und einen Normalenwinkel, vorzugsweise im Stirnschnitt betrachtet, gebildet.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung ist die mehrachsige Werkzeugmaschine dadurch gekennzeichnet, daß auch ein Speicher vorgesehen ist, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, was eine flexible Realisierung der vorliegenden Erfindung durch eine Computersteuerung ermöglicht.

In diesem Speicher kann nämlich eine Datenstruktur vorgesehen werden, die die Parametrierung der virtuellen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt, wobei es auch möglich ist, daß hier eine Datenstruktur vorliegt, die auch die Parametrierung irgendeiner mechanischen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt, etwa um auch ältere, noch nicht auf das erfindungsgemäße Computersteuerungssystem abgestimmte Maschinensteuerparameter verwenden zu können.

Auch die Funktions- oder Relationsdefinition für die Bildung der virtuellen Achse wie auch die Funktions- oder Relationsdefinition für die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung kann in dem Speicher flexibel abgelegt werden.

Dabei können Datenfelder zur Identifikation vordefinierter Funktions- oder Relationstypen dienen, welcher für die Funktions- oder Relationsdefinition der jeweiligen mechanischen Achse verwendet wird. Eine solche Vordefinition häufig verwendeter Funktions- und/oder Relationstypen erleichtert dabei die Hinterlegung der Definition im Speicher. Als solchermaßen vordefinierte Funktionstypen kommen vorzugsweise etwa eine Polynomfunktion, etwa sechsten Grades, mit Polynomkoeffizienten als Parametern oder auch wiederum eine Kreisrelation mit Kreistradius und einem durch ein Koordinatenpaar gegebenen Mittelpunkt sowie einer Drehrichtung als Parametern infrage. Ebenso kann als Relationstyp aber auch eine Koordinatentabelle mit Koordinaten als Parametern vordefiniert sein; wobei bevorzugterweise als Koordinaten jeweils eine X-Koordinate, eine Y-Koordinate und ein Normalenwinkel, vorzugsweise im Stirnschnitt betrachtet, verwendet werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform einer mehrachsigen Werkzeugmaschine nach der vorliegenden Erfindung, liegt in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vor, die zur Aufnahme einer Kennzeichnung der durch die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung bearbeiteten Werkstückflanke, vorzugsweise einer Kennzeichnung für eine rechte oder eine linke Flanke, vorgesehen ist. Dieser Parameter wird von der Maschine im Falle nicht symmetrisch ausgebildeter Schleifscheiben, wie etwa zur Fertigung von Schnecken benötigt, um die jeweilige Flanke mit der richtigen Seite des Werkzeugs anzufahren. Auch ermöglicht dieser Steuerparameter eine der jeweiligen Flanke entsprechende Kraftsteuerung oder -regelung.

Vorzugsweise liegt in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, auch eine Datenstruktur vor, die zumindest eine Gruppe von Maschinensteuerparametern, die einem Teilbereich des Werkstücks entspricht, als Segment unter einer gemeinsamen Segmentidentifikation, vorzugsweise einer Segmentnummer, zusammenfasst, wobei vorzugsweise immer

eine solche Gruppe von Maschinensteuerparametern als Segment zusammengefaßt sind, bei denen die gleiche Achse als Leitachse parametrisiert ist.

Die Strukturierung der Maschinensteuerparameter zu Segmenten ermöglicht es, eine in der Realität gegebene Segmentierung des Werkstücks auch in der Strukturierung der Maschinensteuerparameter abzubilden, was deren Übersichtlichkeit und damit auch die Möglichkeit ihrer Zuordnung zu Werkstückanschnitten verbessert.

Die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine mit einem Speicher dienen somit der Abbildung von Maschinensteuerparametern in diesem Speicher, welche im Betrieb der Maschine Maschinenfunktionen zur Werkstückfertigung auslösen. Dies kann aber nicht nur durch eine Hinterlegung im Speicher der Maschine geschehen, sondern auch durch das Einlesen eines mit entsprechenden Maschinensteuerparametern versehenen Datenträgers, wie etwa einer Diskette, einer CD oder auch einer DVD oder auch durch das Einlesen eines elektronischen Trägersignals mit diesen Maschinensteuerparametern in die erfindungsgemäße mehrachsige Werkzeugmaschine, etwa über eine Datenleitung, wie sie vorzugsweise auch in einem Datennetzwerk Verwendung findet. Ein solcher Datenträger oder ein solches Datenträgersignal ist dabei entsprechend der hier vorliegenden Erfindung zum Einlesen der wie vorstehend beschriebenen erfindungsgemäß aufgebauten Daten in die erfindungsgemäße mehrachsige Werkzeugmaschine zu deren Steuerung entsprechend der hier vorliegenden Erfindung aufgebaut.

In jedem Falle ist ein solcher Datenträger oder ein solches elektronisches Trägersignal erfindungsgemäß mit Maschinensteuerparametern zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine parametrisiert, wobei auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die ein Datenfeld aufweist, das die Parametrierung der virtuellen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt und der Datenträger oder das elektronische Trägersignal die Werkzeugmaschine mittels dieser Datenstruktur bei dem Einlesen oder nach dem Einlesen nach dem o.a. erfindungsgemäßen Verfahren ansteuert.

Auch dient der Durchführung der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für eine mehrachsige Werkzeugmaschine, welches erfin-

dungsgemäß dadurch gekennzeichnet ist, daß es einen Datenträger oder ein elektronisches Trägersignal mit Maschinensteuerparametern wie vorstehend dargestellt erzeugt. Selbstverständlich kann dieses Verfahren auch auf einem Computersystem mit mindestens einer Datenverarbeitungseinheit und mindestens einem Speicher realisiert sein, üblicherweise etwa als Computerprogramm, wobei es die entsprechenden Instruktionen aufweist, die zur Durchführung des Verfahrens eingerichtet sind. Ein solches Computerprogramm kann dabei in jeder Form vorliegen, insbesondere aber auch als Computerprogrammprodukt auf einem computerlesbaren Medium, wie etwa Diskette, CD oder DVD, wobei es Computerprogramm-Code-Mittel aufweist, bei dem jeweils nach Laden des Computerprogramms ein Computer durch das Programm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens veranlaßt wird. Es kann aber etwa auch als Computerprogrammprodukt, welches ein Computerprogramm auf einem elektronischen Trägersignal aufweist, bei dem jeweils nach Laden des Computerprogramms ein Computer durch das Programm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens veranlaßt wird, vorliegen.

Aus den vorstehend beschriebenen einzelnen unterschiedlichen Elementen der vorliegenden Erfindung kann in Gesamtheit gesehen ein Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine mehrachsige Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit

- einem erfindungsgemäßen Computersystem zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für eine mehrachsige Werkzeugmaschine mit mindestens einer Datenverarbeitungseinheit und mindestens einem Speicher, wobei die Datenverarbeitungseinheit programmtechnisch so eingerichtet ist, daß sie zumindest einen Datenträger oder ein elektronisches Trägersignal mit Maschinensteuerparametern nach der vorliegenden Erfindung erzeugt, oder
- einem solchen Computerprogramm oder Computerprogrammprodukt,
- und mindestens einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine

vorgesehen sein. Details eines solchen Systems nach der vorliegenden Erfindung können im weiteren den Ausführungsbeispielen entnommen werden.

Im folgenden werden nicht einschränkend zu verstehende Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung anhand der Zeichnung besprochen. In dieser zeigen:

Fig.1 ein erfindungsgemäßes Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine mehrachsige Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche,

Fig.2 ein abstraktes Modell einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit diversen mechanischen Achsen, und

Fig.3 ein Werkstück mit Schraubenmantelfläche zur Herstellung auf einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine mehrachsige Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche und zwar

mit

- einem erfindungsgemäßen Computersystem 1 zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für eine mehrachsige Werkzeugmaschine 2, 2a mit mindestens einer Datenverarbeitungseinheit und mindestens einem Speicher, wobei die Datenverarbeitungseinheit programmtechnisch so eingerichtet ist, daß sie hier in einem Datennetzwerk ein elektronisches Trägersignal 3 mit Maschinensteuerparametern nach der vorliegenden Erfindung erzeugt
- und einer ersten erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine 2 sowie einer zweiten solchen 2a.

Vorliegend ist es nun so, daß die erste Maschine 2 (neben anderen Achsen) eine mechanische Schwenkachse σ zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene A aufweist; eine Möglichkeit die der zweiten Maschine 2a fehlt. Diese verfügt jedoch über eine Schwenkachse γ zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Werkstückachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene A. Im vorliegenden Neutraldaten-Computersystem ist es nun leicht möglich, Maschinensteuerparameter, die vom Computersystem 1 für die erste erfindungsgemäße Maschine 2 erzeugt wurden, auch für die zweite erfindungsgemäße Werkzeugmaschine 2a zu verwenden, wenn die erzeugten Maschinensteuerparameter von einer virtuellen Leitachse nach der vorliegenden Erfindung Gebrauch machen. Beide Maschinen 2, 2a verfügen über eine virtuelle Leitachse, so daß bei einem Maschinenwechsel von der ersten Maschine 2 zur zweiten Maschine 2a nur die Maschinensteuerparameter für die Schwenkachse γ statt der Schwenkachse σ gebildet werden müssen. Alle anderen Maschinensteuerparameter können hingegen, da über die virtuelle Leitachse gekoppelt, beibehalten werden.

Fig. 2 zeigt ein abstraktes (verschiedene konkrete Ausgestaltungsmöglichkeiten übergreifendes) Modell einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit diversen mechanischen Achsen und zwar mit

- einer positionierbaren Radialzustellungsachse χ für die Schleifscheibe,
- einem in Relation zur Radialzustellungsachse horizontal orthogonal positionierbaren Schleifschlitten ζ zur Positionierung der Schleifscheibe in Verschieberichtung des Schleifschlittens,
- einer positionierbaren Drehachse β eines Spannkopfes zur Drehung des Werkstücks in der Werkstückhalterung,

- einer positionierbare Schwenkachse τ zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der vertikalen Ebene B,
- einer Drehachse ω für den Antrieb der Schleifscheibe,
- einer positionierbaren Verschiebeachse δ zur Kontrolle einer Vorschubposition der Schleifscheibe entlang der Schleifscheibenachse,
- einer Schwenkachse σ zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene A,
- einer Verschiebeachse η zur vertikalen Verschiebung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander, sowie
- einer Schwenkachse γ zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Werkstückachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene A

zur besseren Veranschaulichung der in Bezug genommenen geometrischen Verhältnisse.

Fig. 3 zeigt ein Werkstück mit Schraubenmantelfläche zur Herstellung auf einer erfindungsgemäßen mehrachsigen Werkzeugmaschine mit 9 verschiedenen Segmenten. Unter Bezugnahme auf das in Fig. 2 veranschaulichte abstrakte Modell sollen nachfolgend die Maschinensteuerparameter entsprechend der vorliegenden Erfindung beispielhaft für das Segment 8, ein konisches Knetelement Seg. 8 angegeben werden, wobei hier die virtuelle Leitachse mit κ bezeichnet wird:

Leitachse: κ			X_{Start}	X_{Ende}	A	B	C	D	E	F	G
κ	\square	008 = PB	0	1	0	1	0	0	0	0	0
η	[mm]	008 = PB	0	1	0	0	0	0	0	0	0
γ	[rad]	008 = PB	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ω	[m/s]	008 = PB	0	1	40.0	0	0	0	0	0	0
τ	[rad]	008 = PB	0	1	0.00706	0.000027	0	0	0	0	0
δ	[mm]	008 = PB	0	1	0.0	0	0	0	0	0	0
σ	[rad]	008 = PB	0	1	0	0	0	0	0	0	0
ζ	[mm]	008 = PB	0	1	0	0.3183	0	0	0	0	0
β	[rad]	008 = PB	0	1	0	0.00395	0	0	0	0	0
χ	[mm]	008 = PB	0	1	90.17	-0.0797	0	0	0	0	0

Tab. 1: Segment 008: 2. Konisches Knetelement Prozess: Schruppen

Zur Erläuterung derartiger Tabelle (vorstehend in Tab.1 nicht alle Optionen verwendet), die eine Ausführungsform der funktionalen Datenstrukturen nach der vorliegenden Erfindung wiedergibt :

Spalte 1: Achsenbezeichnung

Spalte 2: Einheit

Spalte 3: Segmentnummer = Kennbuchstabe für die Art der Neutraldaten (und zwar C für Kreis, P für Polygon [6. Grades], K für Koordinaten [Punkte] einer Tabelle von Koordinaten) und Kennbuchstabe für welche Flanke (R für rechte Flanke; L für linke Flanke; B für beide Flanken)

Weitere Spalten: Wertetabelle mit X_{Start} und X_{Ende} als Bereichsgrenzen und den Werten für Parameter A, B, C, D, E, F und G (beim Polygon), R, A, B, C (beim Kreis) sowie A, B, C (bei einer Tabelle von Koordinaten) zu den Relationen und/oder Funktionen nach folgender Maßgabe:

Kreis [C als Kennbuchstabe]:
$$R = \sqrt{(x-A)^2 + (y-B)^2}$$

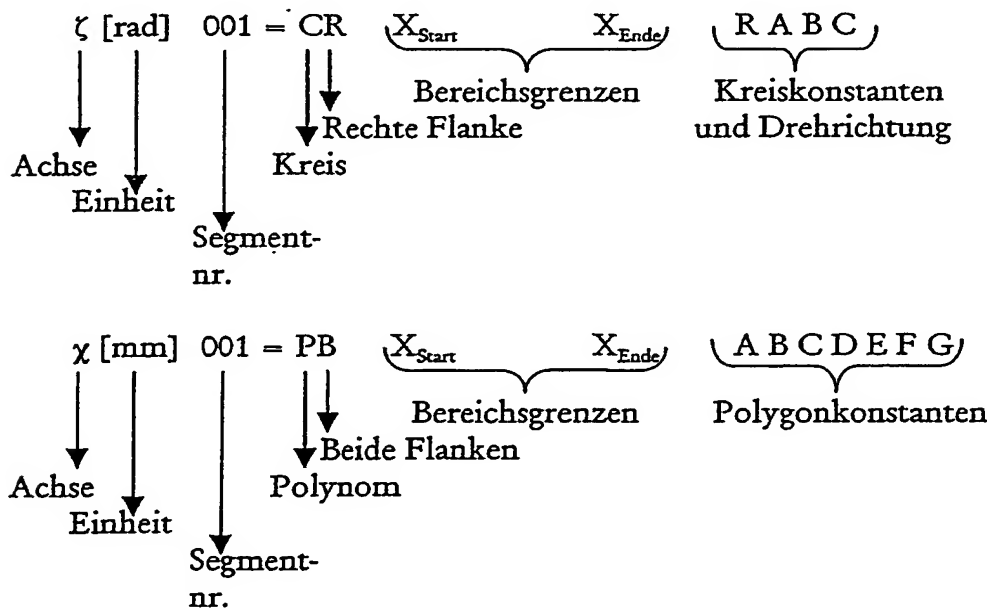
mit dem Wert in Spalte R als Radius, C als Drehrichtung, wobei -1 die Drehrichtung im Uhrzeigersinn (clockwise, cw) und der Wert +1 die Drehrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn (counterclockwise; ccw) angibt

Polynom [P als Kennbuchstabe]:
$$Y = A + B \cdot x + C \cdot x^2 + D \cdot x^3 + E \cdot x^4 + F \cdot x^5 + G \cdot x^6$$

Koordinaten (Punkte) einer Tabelle von Koordinaten [K als Kennbuchstabe]:

Wert in Spalte A: X-Koordinate, Wert in Spalte B: Y-Koordinate, Wert in Spalte C: Normalenwinkel, immer abgespeichert im Stirnschnitt

Beispiele:



Patentansprüche

1. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubemantelfläche, welche
 - eine Werkstückhalterung zur Aufnahme eines Werkstücks,
 - ein Werkzeug,
 - ansteuerbare mechanische Achsen zur Bearbeitung des Werkstücks oder zur Positionierung von Werkstück und Werkzeug in Relation zueinander, sowie
 - eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung zur Ansteuerung von Achsenaufweist, dadurch gekennzeichnet, daß
 - mindestens eine virtuelle Achse vorgesehen ist, die als Leitachse für andere Achsen parametrierbar ist und dann nur der Synchronisation dieser anderen Achsen dient.
2. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens fünf ansteuerbare mechanische Achsen zur Positionierung von Werkstück und Werkzeug in Relation zueinander vorgesehen sind.

3. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Werkzeug eine Schleifscheibe und als mechanische Achsen mindestens

eine positionierbare Radialzustellungsachse (χ) für die Schleifscheibe,

ein in Relation zur Radialzustellungsachse horizontal orthogonal positionierbarer Schleifschlitten (ζ) zur Positionierung der Schleifscheibe in Verschieberichtung des Schleifschlittens,

eine positionierbare Drehachse (β) eines Spannkopfes zur Drehung des Werkstücks in der Werkstückhalterung,

eine positionierbare Schwenkachse (τ) zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der vertikalen Ebene (B),

sowie eine Drehachse (ω) für den Antrieb der Schleifscheibe vorgesehen sind.

4. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als mechanische Achse auch eine positionierbare Verschiebeachse (δ) zur Kontrolle einer Vor-schubposition der Schleifscheibe entlang der Schleifscheibenachse vorgesehen ist.
5. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß als mechanische Achse auch eine Schwenkachse (σ) zur Verschwenkung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Schleifscheibenachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene (A) vorgesehen ist.
6. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß als mechanische Achse auch eine Verschiebeachse (η) zur vertikalen Verschiebung von Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander vorgesehen ist.
7. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß als mechanische Achse auch eine Schwenkachse (γ) zur Verschwenkung von

Werkstück und Schleifscheibe gegeneinander mittels einer Drehung der Werkstückachse oder ihrer Parallelprojektion in der horizontalen Ebene (A) vorgesehen ist.

8. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die virtuelle Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation gebildet wird.
9. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die virtuelle Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer von der Zeit abhängigen frei wählbaren Funktion oder Relation gebildet wird.
10. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß als frei wählbare Funktion eine Polynomfunktion dient.
11. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß als frei wählbare Relation eine Kreisrelation dient.
12. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß als frei wählbare Relation eine durch eine Wertetabelle gegebene Relation dient.
13. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation erfolgt.
14. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation erfolgt, welche vom Wert einer der virtuellen Achsen abhängig ist.
15. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Funktion oder Relation erfolgt, welche auch vom Wert weiterer Parameter abhängig ist.

16. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß als frei wählbare Funktion eine Polynomfunktion dient, die vom Wert einer der virtuellen Achsen und Polynomkoeffizienten abhängig ist.
17. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß als frei wählbare Relation eine Kreisrelation dient, die vom Wert einer der virtuellen Achsen und Kreiskonstanten, vorzugsweise einem Kreisradius und einem durch ein Koordinatenpaar gegebenen Mittelpunkt sowie einer Drehrichtung abhängig ist.
18. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 8 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung mittels einer frei wählbaren Relation erfolgt, die durch eine Tabelle von Koordinaten gegeben ist.
19. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß als Koordinaten der Koordinatentabelle eine X-Koordinate, eine Y-Koordinate und ein Normalenwinkel, vorzugsweise im Stirnschnitt betrachtet, verwendet werden.
20. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß auch ein Speicher vorgesehen ist, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird.
21. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die die Parametrierung der virtuellen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt.
22. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die auch die Parametrierung irgendeiner mechanischen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt.

23. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Funktions- oder Relationsdefinition für die Bildung der virtuellen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung vorgesehen ist.
24. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Funktions- oder Relationsdefinition für die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung vorgesehen ist.
25. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine vordefinierte Funktions- oder Relationstyp vorgesehen ist und die Datenstruktur zumindest ein Datenfeld zur Identifikation des vordefinierten Funktions- oder Relationstyps aufweist, welcher für die Funktions- oder Relationsdefinition der jeweiligen mechanischen Achse verwendet wird.
26. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, daß als Funktionstyp eine Polynomfunktion, vorzugsweise sechsten Grades, mit Polynomkoeffizienten als Parametern vordefiniert ist.
27. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß als Relationstyp eine Kreisrelation mit Kreisradius und einem durch ein Koordinatenpaar gegebenen Mittelpunkt sowie einer Drehrichtung als Parametern vordefiniert ist.
28. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß als Relationstyp eine Koordinatentabelle mit Koordinaten als Parametern vordefiniert ist.

29. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß als Koordinaten jeweils eine X-Koordinate, eine Y-Koordinate und ein Normalenwinkel, vorzugsweise im Stirnschnitt betrachtet, verwendet werden.
30. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 24 bis 29, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Kennzeichnung der durch die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung bearbeiteten Werkstückflanke, vorzugsweise einer Kennzeichnung für eine rechte oder eine linke Flanke, vorgesehen ist.
31. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 24 bis 30, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Speicher, in dem Maschinensteuerparameter gespeichert sind, auf die seitens der Steuer- und/oder Regeleinrichtung zugegriffen wird, eine Datenstruktur vorliegt, die zumindest eine Gruppe von Maschinensteuerparametern, die einem Teilbereich des Werkstücks entspricht, als Segment unter einer gemeinsamen Segmentidentifikation, vorzugsweise einer Segmentnummer, zusammenfaßt.
32. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach Anspruch 31, dadurch gekennzeichnet, daß immer eine solche Gruppe von Maschinensteuerparametern als Segment zusammengefaßt sind, bei denen die gleiche Achse als Leitachse parametrisiert ist.
33. Verfahren zur Ansteuerung einer mehrachsigen Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, wobei

zunächst eine virtuelle Achse als Leitachse für andere Achsen parametrisiert wird,

und sodann während des Betriebs der Maschine zur Bearbeitung des Werkstücks die anderen Achsen mit Hilfe dieser virtuellen Leitachse bei ihrer Positionierung lediglich synchronisiert werden.

34. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß
- auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die ein Datenfeld aufweist, das die Parametrierung der virtuellen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt und
- der Datenträger oder das elektronische Trägersignal (3) die Werkzeugmaschine (2) mittels dieser Datenstruktur beim Einlesen oder nach dem Einlesen nach dem Verfahren nach Anspruch 33 ansteuert.
35. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach Anspruch 34 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die auch die Parametrierung irgendeiner mechanischen Achse als Leitachse für andere Achsen erlaubt.
36. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach Anspruch 34 oder 35 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Funktions- oder Relationsdefinition für die Bildung der virtuellen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung vorgesehen ist.
37. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 34 bis 36 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Funktions- oder Relationsdefinition für die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung vorgesehen ist.

38. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach Anspruch 37 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenstruktur zumindest ein Datenfeld zur Identifikation zumindest einer vordefinierten Funktions- oder Relationstyp, vorzugsweise eines Polynomfunktionstyps, eines Kreisrelationstyps oder eines Koordinatentabellentyps aufweist, welche für die Funktions- oder Relationsdefinition der jeweiligen mechanischen Achse verwendet wird.
39. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 36 bis 38 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die zur Aufnahme einer Kennzeichnung der durch die Ansteuerung der jeweiligen mechanischen Achse durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung bearbeiteten Werkstückflanke, vorzugsweise einer Kennzeichnung für eine rechte oder eine linke Flanke, vorgesehen ist.
40. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 34 bis 39 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Datenträger oder dem elektronischen Trägersignal zumindest eine Datenstruktur vorliegt, die zumindest eine Gruppe von Maschinensteuerparametern, die einem Teilbereich des Werkstücks entspricht, als Segment unter einer gemeinsamen Segmentidentifikation, vorzugsweise einer Segmentnummer, zusammenfaßt.
41. Datenträger oder elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach Anspruch 40 zum Einlesen in eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß immer solche Gruppe von Maschinensteuerparametern als Segment zusammengefaßt sind, bei denen die gleiche Achse als Leitachse parametrisiert ist.
42. Mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß sie ferner Mittel zum Einlesen von Maschinensteuerparametern für die

Steuer- und/oder Regeleinrichtung von einem Datenträger oder elektronischen Trägersignal (3) nach einem der Ansprüche 34 bis 41 in den Speicher aufweist.

43. Verfahren zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für eine mehrachsige Werkzeugmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 32 sowie 42, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Datenträger oder ein elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 34 bis 41 erzeugt wird.
44. Computersystem (1) zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32 sowie 42 mit mindestens einer Datenverarbeitungseinheit und mindestens einem Speicher, dadurch gekennzeichnet, daß die Datenverarbeitungseinheit programmtechnisch so eingerichtet ist, daß sie zumindest einen Datenträger oder ein elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 34 bis 41 erzeugt.
45. Computerprogramm, das Instruktionen aufweist, die zur Durchführung des Verfahrens nach dem Anspruch 43 eingerichtet sind.
46. Computerprogrammprodukt welches ein computerlesbares Medium mit Computerprogramm-Code-Mitteln aufweist, bei dem jeweils nach Laden des Computerprogramms ein Computer durch das Programm zur Durchführung des Verfahrens nach dem Anspruch 43 veranlaßt wird.
47. Computerprogrammprodukt, welches ein Computerprogramm auf einem elektronischen Trägersignal aufweist, bei dem jeweils nach Laden des Computerprogramms ein Computer durch das Programm zur Durchführung des Verfahrens nach dem Anspruch 43 veranlaßt wird.
48. Neutraldaten-Computersteuerungssystem für eine mehrachsige Werkzeugmaschine zur Herstellung von Werkstücken mit Schraubenmantelfläche mit

einem Computersystem (1) zur Erzeugung von Maschinensteuerparametern für eine mehrachsige Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32 sowie 42 mit

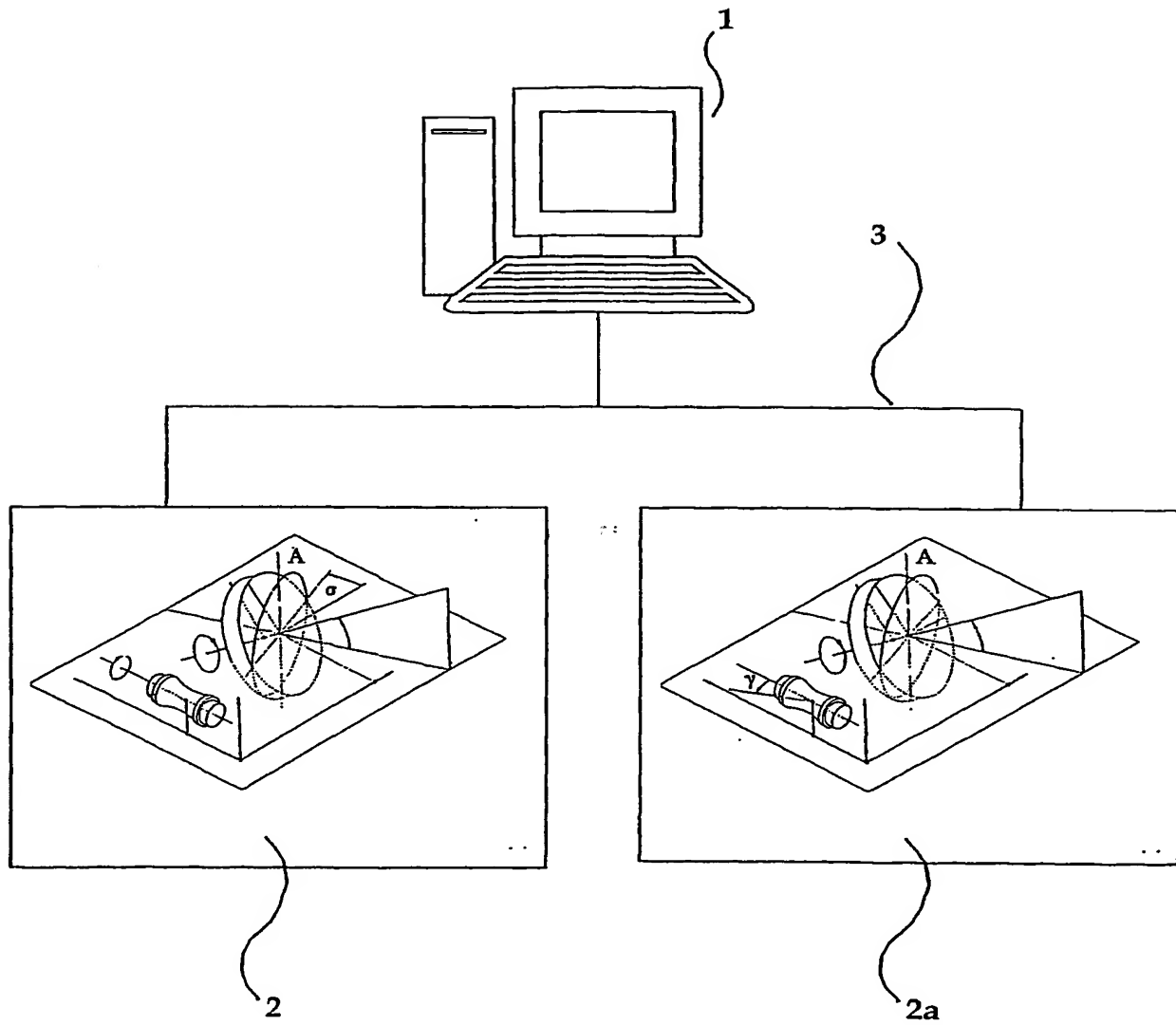
mindestens einer Datenverarbeitungseinheit und mindestens einem Speicher, wobei die Datenverarbeitungseinheit programmtechnisch so eingerichtet ist, daß sie zumindest einen Datenträger oder ein elektronisches Trägersignal (3) mit Maschinensteuerparametern nach einem der Ansprüche 34 bis 41 erzeugt, oder

einem Computerprogramm nach Anspruch 45, oder

einem Computerprogrammprodukt nach Anspruch 46 oder 47,

und mindestens einer mehrachsigen Werkzeugmaschine (2) nach einem der Ansprüche 1 bis 32 sowie 42.

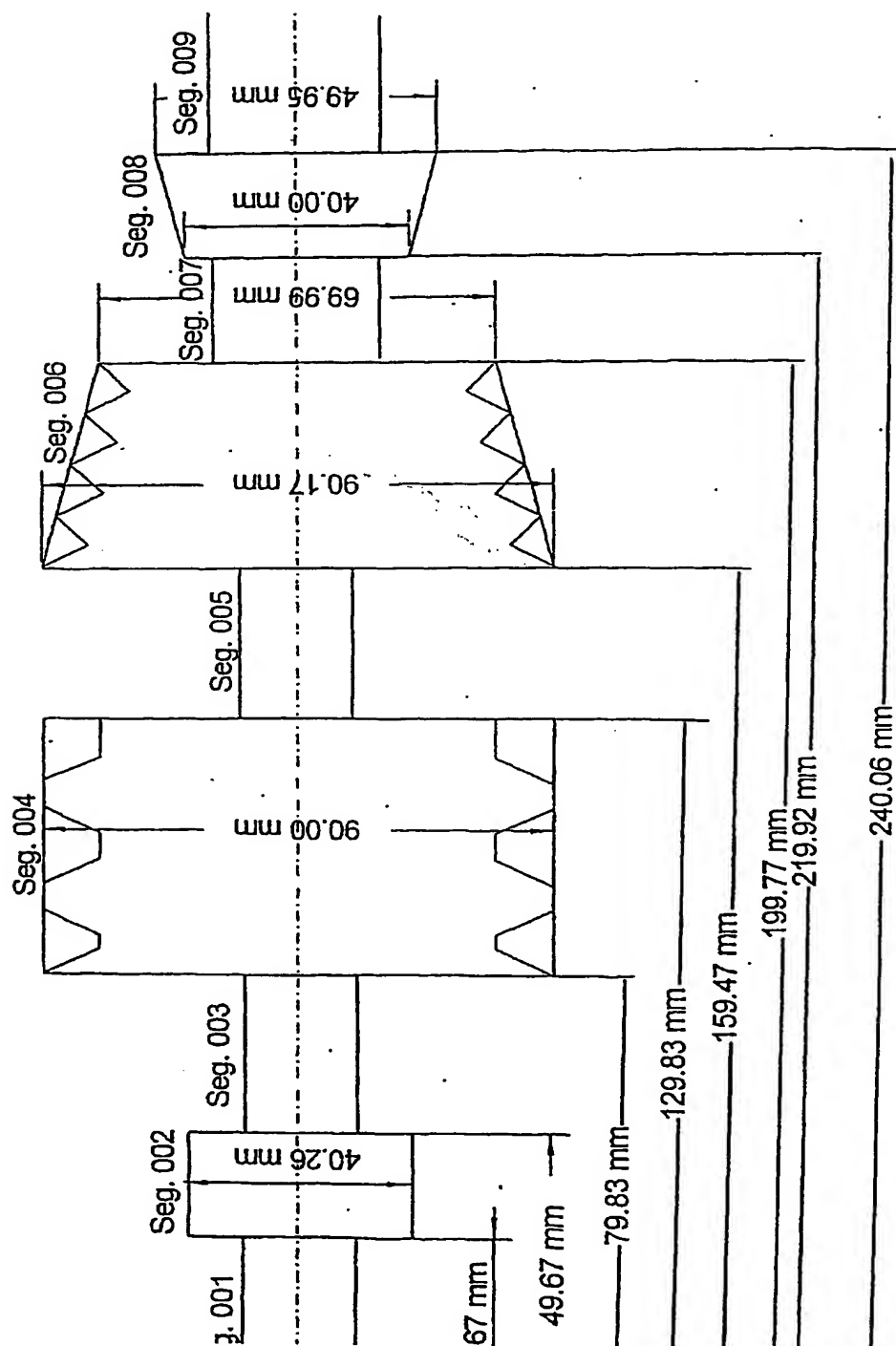
FIG. 1



THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

FIG. 3



THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PC., EP 03/11568

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G05B19/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 604 677 A (BRIEN GLENN C) 18 February 1997 (1997-02-18) column 18, line 32 - column 20, line 4; figures 2,3	1-48
A	EP 0 784 525 B (GLEASON WORKS) 23 July 1997 (1997-07-23) cited in the application paragraph '0047! - paragraph '0065!	1-48
A	EP 0 709 157 A (GLEASON WORKS) 1 May 1996 (1996-05-01) page 11, lines 20-59	1-48
A	DE 195 45 083 A (GRUNDIG EMV) 5 June 1997 (1997-06-05) page 2, lines 33-41 page 3, lines 25-55	1-48

-/--



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 July 2004

Date of mailing of the international search report

07/07/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gerdes, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte nal Application No
PCT, LP 03/11568

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 489 741 B1 (GENOV GENCO ET AL) 3 December 2002 (2002-12-03) column 3, lines 24-57; figure 7 -----	1-48

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/11568

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5604677	A	18-02-1997	AU 665000 B2	14-12-1995
			AU 664372 B2	16-11-1995
			AU 1911292 A	08-01-1993
			WO 9222023 A1	10-12-1992
			WO 9222024 A1	10-12-1992
			DE 4291618 C2	22-08-2002
			DE 4291618 T0	05-05-1994
			DE 4291619 C2	28-06-2001
			DE 4291619 T0	10-11-1994
			US 5471395 A	28-11-1995
			US 5682319 A	28-10-1997
EP 0784525	B	23-07-1997	US 5580298 A	03-12-1996
			AT 217230 T	15-05-2002
			AU 695684 B2	20-08-1998
			AU 3724595 A	19-04-1996
			BR 9509043 A	06-01-1998
			CA 2200721 A1	04-04-1996
			DE 69526660 D1	13-06-2002
			DE 69526660 T2	05-12-2002
			EP 0784525 A1	23-07-1997
			JP 10503973 T	14-04-1998
			JP 3437847 B2	18-08-2003
			KR 242828 B1	02-03-2000
			CN 1158580 A ,B	03-09-1997
			WO 9609910 A1	04-04-1996
EP 0709157	A	01-05-1996	WO 8901838 A1	09-03-1989
			AT 148015 T	15-02-1997
			EP 0709157 A2	01-05-1996
			AU 627120 B2	13-08-1992
			AU 7842991 A	12-09-1991
			AU 615165 B2	26-09-1991
			AU 7912787 A	31-03-1989
			CA 1322035 C	07-09-1993
			CA 1332457 C	11-10-1994
			DE 3752009 D1	06-03-1997
			DE 3752009 T2	12-06-1997
			EP 0374139 A1	27-06-1990
			JP 7085843 B	20-09-1995
			JP 2502358 T	02-08-1990
			KR 9301124 B1	18-02-1993
			US 4981402 A	01-01-1991
DE 19545083	A	05-06-1997	DE 19545083 A1	05-06-1997
			DE 59605203 D1	15-06-2000
			WO 9721155 A1	12-06-1997
			EP 0866995 A1	30-09-1998
			US 6249102 B1	19-06-2001
US 6489741	B1	03-12-2002	AU 7198601 A	18-02-2002
			EP 1346266 A1	24-09-2003
			JP 2004505789 T	26-02-2004
			WO 0212970 A1	14-02-2002
			WO 0011527 A1	02-03-2000

THIS PAGE BLANK (USPTO)

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G05B19/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G05B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 604 677 A (BRIEN GLENN C) 18. Februar 1997 (1997-02-18) Spalte 18, Zeile 32 - Spalte 20, Zeile 4; Abbildungen 2,3	1-48
A	EP 0 784 525 B (GLEASON WORKS) 23. Juli 1997 (1997-07-23) in der Anmeldung erwähnt Absatz '0047! - Absatz '0065!	1-48
A	EP 0 709 157 A (GLEASON WORKS) 1. Mai 1996 (1996-05-01) Seite 11, Zeilen 20-59	1-48
A	DE 195 45 083 A (GRUNDIG EMV) 5. Juni 1997 (1997-06-05) Seite 2, Zeilen 33-41 Seite 3, Zeilen 25-55	1-48

-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

A Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. Juli 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/07/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Gerdes, R

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 6 489 741 B1 (GENOV GENCO ET AL) 3. Dezember 2002 (2002-12-03) Spalte 3, Zeilen 24-57; Abbildung 7 -----	1-48

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PC., LP 03/11568

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5604677	A	18-02-1997	AU 665000 B2 14-12-1995
			AU 664372 B2 16-11-1995
			AU 1911292 A 08-01-1993
			WO 9222023 A1 10-12-1992
			WO 9222024 A1 10-12-1992
			DE 4291618 C2 22-08-2002
			DE 4291618 T0 05-05-1994
			DE 4291619 C2 28-06-2001
			DE 4291619 T0 10-11-1994
			US 5471395 A 28-11-1995
			US 5682319 A 28-10-1997
EP 0784525	B	23-07-1997	US 5580298 A 03-12-1996
			AT 217230 T 15-05-2002
			AU 695684 B2 20-08-1998
			AU 3724595 A 19-04-1996
			BR 9509043 A 06-01-1998
			CA 2200721 A1 04-04-1996
			DE 69526660 D1 13-06-2002
			DE 69526660 T2 05-12-2002
			EP 0784525 A1 23-07-1997
			JP 10503973 T 14-04-1998
			JP 3437847 B2 18-08-2003
			KR 242828 B1 02-03-2000
			CN 1158580 A ,B 03-09-1997
			WO 9609910 A1 04-04-1996
EP 0709157	A	01-05-1996	WO 8901838 A1 09-03-1989
			AT 148015 T 15-02-1997
			EP 0709157 A2 01-05-1996
			AU 627120 B2 13-08-1992
			AU 7842991 A 12-09-1991
			AU 615165 B2 26-09-1991
			AU 7912787 A 31-03-1989
			CA 1322035 C 07-09-1993
			CA 1332457 C 11-10-1994
			DE 3752009 D1 06-03-1997
			DE 3752009 T2 12-06-1997
			EP 0374139 A1 27-06-1990
			JP 7085843 B 20-09-1995
			JP 2502358 T 02-08-1990
			KR 9301124 B1 18-02-1993
			US 4981402 A 01-01-1991
DE 19545083	A	05-06-1997	DE 19545083 A1 05-06-1997
			DE 59605203 D1 15-06-2000
			WO 9721155 A1 12-06-1997
			EP 0866995 A1 30-09-1998
			US 6249102 B1 19-06-2001
US 6489741	B1	03-12-2002	AU 7198601 A 18-02-2002
			EP 1346266 A1 24-09-2003
			JP 2004505789 T 26-02-2004
			WO 0212970 A1 14-02-2002
			WO 0011527 A1 02-03-2000

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO,